

# RespiTrainer를 활용한 백-밸브마스크 환기에서 일회호흡량과 기도압 비교 연구

신소연 · 이재국\* · 노상균\*†

강원대학교 산업과학대학원, \*선문대학교 응급구조학과

## Comparative Analysis of Tidal Volume and Airway Pressure with a Bag-valve Mask using RespiTrainer

So-Yeon Shin · Jae-Gook Lee\* · Sang-Gyun Roh\*†

Graduate School of Industry & Science, Kangwon National Univ.

\*Dept. of Emergency Medical Services, Sunmoon Univ.

(Received August 5, 2014; Revised November 7, 2014; Accepted November 7, 2014)

### 요 약

이 연구는 RespiTrainer를 활용한 백밸브마스크 환기에서 1인 백밸브마스크, 2인 백밸브마스크, 전문기도삽관 별 호흡량과 기도압을 비교 분석하였다. 실험기간은 2014년 6월 2일부터 6월 10일까지이며, 수집된 자료는 SPSS 18.0을 이용하여 분석하였다. 그 결과 기관내삽관을 통한 환기 497 ± 78 mL, 2인 BVM 환기 479 ± 91 mL를 보였고, 1인 BVM 환기와 킹후두관기도기, 후두마스크 환기에서 각각 386 ± 59 mL, 365 ± 05 mL, 351 ± 35 mL를 보였다. 기도압에서도 기관내삽관을 통한 BVM 환기에서 가장 높은 기도압(11.67 cm H<sub>2</sub>O)을 보였다. 결과적으로 기관내삽관을 통한 BVM 환기와 2인 BVM 환기에서 1/3 백 압착법은 적절하였다.

### ABSTRACT

The purpose of this study was to comparative analysis of tidal volume and airway pressure after one-rescuer BVM, two-rescuer BVM, advanced airway devices with a Bag-valve mask using RespiTrainer. The data were obtained from June 2 to 10 in 2014. The collected data were analyzed using the SPSS WIN 18.0 program. The results showed that BVM ventilation using the endotracheal intubation produced higher mean tidal volume 497 ± 78 mL, Two-rescuer ventilation 479 ± 91 mL One-rescuer ventilation 386 ± 59 mL, King LTS-D 365 ± 05 mL, Laryngeal mask airway (LMA) 351 ± 35 mL. Peak airway pressure was higher in BVM ventilation using the endotracheal intubation. As a result, the study confirmed that the BVM Ventilation by endotracheal intubation and Two-rescuer BVM ventilation to one third the bag depth squeeze method is appropriate.

**Keywords :** Tidal volume, RespiTrainer, Airway pressure, BVM ventilation

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 필요성

심정지 환자에서 기도관리는 가장 중요한 술기 중의 하나이다. 기도가 유지되지 않아 환기와 산소화가 불가능한 상황에서 적절한 시기에 효과적으로 관리하는 것은 환자의 생존과 사망, 정상기능의 회복과 장애를 결정하는 중요한 요인이 될 수 있다<sup>(1)</sup>. 심폐소생술을 시행할 때 인공환기를 위해 주로 사용되는 것은 백-밸브마스크이다. 백-밸브마스크를 이용한 환기방법에는 1인 인공환기 시 한 손

을 이용하는 방법과 2인 인공환기 시 두 손을 이용하는 방법이 있다. 2010년 미국심장협회 가이드라인에 따르면 효과적인 인공환기는 가슴이 올라올 정도로 일회호흡량을 500~600 mL (6~7 mL/kg)로 유지하여야 한다고 권장하고 있다<sup>(2)</sup>.

심폐소생술을 시행하는 동안 과환기(hyperventilation) 및 과다량(high volume)의 인공호흡은 흉강내압의 증가를 유발시키며, 이는 심장으로 유입되는 혈류의 양을 방해하여 심정지 환자의 예후와 생존율에 중요한 영향을 미친다<sup>(3-6)</sup>. 심정지 환자에서 효율적인 환기를 위해서는 전문기도술이

†Corresponding Author, E-Mail: emtno@hanmail.net  
TEL: +82-41-530-2750, FAX: +82-41-530-2767

ISSN: 1738-7167  
DOI: http://dx.doi.org/10.7731/KIFSE.2014.28.6.076

유지되어야 하며, 병원전에서는 기관내삽관 뿐만 아니라 비교적 삽관이 용이한 성문위 기구들이 권장된다. 성문위 기구에는 후두마스크(laryngeal mask airway), 킹후두관기도기(king laryngeal mask), 아이젤(I-gel) 등이 있다. 기관내삽관을 제외한 다른 기구들은 비교적 삽관이 용이한 특성을 가지고 있으나 후두 내 밀착이 어렵고, 가슴압박 시 압력에 의해 밀려나오는 경향이 있어서 고정에 주의하여야 한다. 이러한 기구들은 모두 백-벨브마스크를 통하여 환기가 이루어지고, 여러 가지 특성 때문에 과환기 및 과다량의 호흡이 전달될 수 있다. 또한 소생 후 과환기에 의한 동맥혈 이산화탄소압의 감소는 뇌혈관 수축과 직접적인 뇌혈류 감소를 일으켜 뇌 허혈을 유발하므로, 과환기 시키지 말아야 한다.

전문기도가 확보된 경우에는 분당 8~10회의 호흡수를 제공하도록 권고하고 있다<sup>(2)</sup>. 그러나 과호흡의 제공을 피하는 것을 강조함에도 불구하고 발표된 여러 문헌에서는 성인 혹은 소아환자에서의 실제 심폐소생술에서는 여전히 잦은 과호흡 제공이 일어나고 있다고 보고하고 있다<sup>(7,8)</sup>. 때문에 실제 심정지 상황에서 과호흡과 과다량을 피하기 위한 장치 혹은 방법이 있다면 더욱 효과적으로 호흡을 제공할 수 있을 것이다.

기도관리에 관련된 선행연구로는 기도장비 별 삽관 속도, 어려운 기도에서의 삽관, 기관삽관의 정확성 및 신속도, 후두마스크의 임상적 유용성 등으로 대부분 기도관리에 대한 전반적인 상황만을 다루거나 단일기관을 대상으로 한 삽관 성공률에 대한 분석이 대부분이다<sup>(9,10)</sup>. 이처럼 그동안의 연구는 삽관 성공률의 비교분석 위주였으며, 전문기도삽관의 종류에 따라서 폐에 전달되는 일회환기량에 대한 비교 분석은 부족한 실정이다.

## 1.2 연구의 목적

이 연구는 전문기도삽관 별 백-벨브마스크 환기에 따라 폐에 전달되는 일회호흡량과 기도압을 분석하고, 전문기도삽관을 하지 않은 상태에서 1인과 2인 백-벨브마스크 환기에 따른 일회호흡량과 기도압을 비교 분석하여 심폐소생술 시 적정량의 환기를 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

## 2. 연구방법

### 2.1 실험설계

이 연구는 전문기도삽관 별 폐에 전달되는 환기량을 RespiTrainer<sup>®</sup> Advance를 이용하여 비교 분석하는 무작위 단일맹검 선행연구로 계획되었다. 모든 삽관은 응급의료센터 근무 동안 다수의 기관내삽관의 경험을 갖고 있는 응급구조학과 교수 1인이 시행하였다. 전문기도삽관을 시행한 후 환기량과 기도압의 차이를 분석하였고, 전문기도삽관을 하지 않고 입인두기도를 삽입한 후 1인과 2인 백-벨브마스크 환기시 환기량과 기도압 차이를 분석하였다. 1인과 2

인 백-벨브마스크 환기는 연구자가 마스크의 위치를 직접 고정하였고, 2인 백-벨브마스크 환기에서는 연구보조자가 두 손으로 마스크를 안면에 고정한 후 시행하였으며, 실험은 동일한 마네킨으로 진행하였다.

환기는 ACLS Provider 과정과 KALS Provider 과정에서 학습한 1/3 백 압착법으로 환기를 하였다. 또한 모든 환기 동안에는 피실험자가 가슴상승을 볼 수 없도록 가슴 부위를 가린 후 시행하였고, 피실험자 21명은 실험 순서에 따라 2분 동안 20회의 양압환기를 시행하였다.

### 2.2 실험대상 및 자료수집

이 연구는 충남에 소재한 일개 대학 4학년 학생 21명을 대상으로 하였다. 대상자간 술기에 대한 기술적인 차이를 최소화하기 위하여 최근 1개월 이내 미국심장협회(AHA) ACLS Provider와 대한심폐소생협회(KACPR) KALS-Provider를 소지한 대상으로 자료수집 기간은 2014년 6월 2일부터 6월 10일까지 RespiTrainer software(version 1.1, IngMar, Pittsburgh, USA)를 이용하여 환기량을 측정된 후 수집하였다.

### 2.3 실험도구

#### 2.3.1 RespiTrainer<sup>®</sup>

RespiTrainer<sup>®</sup> Advance는 광범위 전문기도삽관 교육과 숙련에 최적화된 장비로 실제와 같은 재질과 해부학적 구조를 따르고 있어서 백-벨브마스크 환기에 대한 연구가 가능하다. 고성능의 시험 폐(QuickLung<sup>®</sup>)는 성인에서 실제와 같은 폐 용량을 구현할 수 있고, 소프트웨어를 통해 환기량, 기도압력 등의 데이터 확인이 가능하다. 기도저항(resistance)과 순응도(compliance)는 폐 질환이 없는 건강한 인의 평균치인 5 cmH<sub>2</sub>O/L/s와 50 ml/cmH<sub>2</sub>O로 하였다.

#### 2.3.2 전문기도삽관 및 백-벨브마스크 규격

기관내삽관에 사용된 튜브는 Mallinckrodt<sup>®</sup> I.D. 7.5를 사용하였으며, 커프는 20 mL의 공기를 주입하였고, 22 cm에 고정하였다. 후두마스크는 Classic<sup>™</sup> #4를 사용하였으며, 커프는 40 mL의 공기를 주입하였다. 킹후두관기도기는 King LTS-D<sup>™</sup> #4를 사용하였으며, 커프는 70 mL의 공기를 주입하였다. BVM은 Laerdal<sup>®</sup> Silicone Resuscitator에 저장낭을 부착하였고, 백의 용량은 1,600 mL이며, 입인두기도는 90 mm를 이용하였다.

#### 2.3.3 실험 절차

모든 피실험자는 실험과 관련된 계획에 대하여 미리 설명을 듣고 자발적으로 실험 참여를 동의한 대상자에게 서면 동의서를 받은 후 실험에 참여하였다. 실험 전 모든 피실험자에게 다음과 같은 지침을 알려주었다. 첫째, 백-벨브마스크 환기 시 백은 1/3만 압착한다. 둘째, 환기는 분당 10회의 속도로 2분 동안 20회를 시행한다. 셋째, 흡기와

호기 시간은 1초 이내로 한다. 넷째, 안면에 위치하는 마스크는 연구자가 직접 교정해서 매 환기시마다 마스크의 위치를 같게 한다.

피실험자가 환기 시 환기의 적절성을 확인할 수 없도록 가슴상승과 자료를 수집하는 컴퓨터 화면을 가렸다. 실험 순서는 기관내삽관 -> 킹후두관기도기 -> 후두마스크 -> 1인 백-밸브마스크 -> 2인 백-밸브마스크 순으로 환기를 시행하였다.

**2.4 분석방법**

수집된 자료는 SPSS 18.0을 이용하여 기관내삽관, 킹후두관기도기, 후두마스크 별 환기량과 기도압력의 평균과 표준편차는 기술통계를 이용하였고, 평균에 대해서는 ANOVA를 이용하였다. 사후분석은 Scheffe'를 이용하였다.

**3. 결 과**

**3.1 일반적 특성**

연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 분석 결과 4학년 21명으로 나이는 24세가 57.1%, 25세 이상이 28.6%였으며, 성별은 여성이 90.5%를 보였다. 대상자의 키는 162.20 ± 4.58 cm였으며, 자격으로는 ACLS-Provider(미국심장협회)와 KALS-Provider(대한심폐소생협회) 자격을 보유하고 있었다.

**3.2 백-밸브마스크 환기에 따른 일회호흡량 비교**

전문기도유지 장비 별 환기량은 Table 2와 같다. 환기를 시행한 결과 기관내삽관 497.78 mL, 킹후두관기도기 365.05 mL, 후두마스크 351.35 mL, 1인 백-밸브마스크 386.59 mL, 2인 백-밸브마스크 479.91 mL가 측정되었다. 환기를

**Table 1.** Characteristics of Participants (N = 21)

Variables	Frequency (%) or Mean
Fourth year	21 (100.0)
Age (years)	
< 23	3 (14.3)
24	12 (57.1)
> 24	6 (28.6)
Gender	
Male	2 (9.5)
Female	19 (90.5)
Certification	
ACLS-Provider	21 (100.0)
KALS-Provider	21 (100.0)
Height (cm)	
< 160	9 (42.8)
160~164	8 (38.1)
165~169	3 (14.3)
> 169	1 (4.8)

시행한 5개 그룹간 환기량 비교에서 통계적 유의성이 확인되었고, 사후검증 결과 킹후두관기도기 환기와 후두마스크 환기 사이에는 통계적 유의성은 없었으나( $p = .721$ ) 그 외 모든 그룹간에는 통계적 유의성을 보였다( $p = .000$ ).

**3.3 백-밸브마스크 환기에 따른 기도압력 비교**

전문기도유지 장비 별 기도압력 비교는 표 3과 같다. 기도압력은 기관내삽관 11.64 cm H<sub>2</sub>O, 킹후두관기도기 8.39 cm H<sub>2</sub>O, 후두마스크 7.86 cm H<sub>2</sub>O, 1인 백-밸브마스크 8.71 cm H<sub>2</sub>O, 2인 백-밸브마스크 11.39 cm H<sub>2</sub>O가 측정되었다. 환기를 시행한 5개 그룹간 기도압력 비교에서 통계적 유의성이 확인되었고, 사후검증 결과 킹기도관후두기 환기

**Table 2.** Tidal Volume Differences in Comparison by Bag-valve Mask Ventilation

Variables	Mean (ml)	Min	Max	SD	F	p	Scheffe'
Endotracheal tube	497.78 <sup>a</sup>	412	625	50.56	440.80	.000	a-bcde b-ade
King tube	365.05 <sup>b</sup>	302	516	68.19			
Laryngeal mask	351.35 <sup>c</sup>	275	424	32.84			
BVM one-provider technique	386.59 <sup>d</sup>	268	588	74.73			
BVM two-provider technique	479.91 <sup>e</sup>	328	615	51.79			

**Table 3.** Airway Pressure Differences in Comparison by Bag-valve Mask Ventilation

Variables	Mean (cmH <sub>2</sub> O)	Min	Max	SD	F	p	Scheffe'
Endotracheal tube	11.64 <sup>a</sup>	8.8	15.0	1.46	544.88	.000	a-bcde b-ade
King tube	8.39 <sup>b</sup>	6.1	11.2	1.56			
Laryngeal mask	7.86 <sup>c</sup>	5.9	10.6	.957			
BVM one-provider technique	8.71 <sup>d</sup>	3.6	13.5	2.21			
BVM two-provider technique	11.39 <sup>e</sup>	8.1	14.6	1.48			

와 후두마스크 환기 사이에는 통계적 유의성은 없었으나 ( $p = .689$ ) 그 외 모든 그룹간에는 통계적 유의성을 보였다 ( $p = .000$ ).

#### 4. 고 찰

백-밸브마스크는 마스크, 후두마스크, 기관내삽관, 기관절개 튜브 등에 연결하여 심폐소생술이나 인공호흡 의존 환자의 양압환기 시 사용되는 장비이다<sup>(11-13)</sup>. 심정지 상태에서는 정맥 내 혈액의 저류에 의해 중심정맥압이 평소보다 높아지나 기도내압이 상승하면 심장으로 가는 정맥혈류가 감소하게 된다. 그러므로 과호흡 자체가 심장관류압 감소와 생존률 감소와 관련이 있다는 사실을 고려한다면 가슴압박의 질적 관리뿐 아니라 적절한 호흡수 전달 또한 실제 심폐소생술 중 항상 모니터링 되어야 하며 피드백이 주어져야 할 것이다<sup>(14,15)</sup>. 실제 심폐소생술 중 과호흡을 피하기 위해 우선적으로 구조자의 많은 경험과 지속적인 교육이 가장 중요할 것이다. 그러나 심정지 상황은 매우 긴박하고 긴장된 상황으로서 능숙하고 잘 훈련 받은 구조자라도 지침대로 6~8초마다 500~600 mL (6~7 mL/kg)를 제공하기에는 한계가 있어 보인다. 선행연구에 의하면 전문 응급의료종사자들이라 하더라도 실제 심폐소생술에서 과도한 호흡수가 제공된 것으로 나타났다<sup>(16-18)</sup>.

1급응급구조사의 경우 기도유지와 호흡처치에 대한 법적 업무범위가 정해져 있기 때문에 병원 내 또는 병원 전에서 전문기도삽관 업무를 시행할 수 있다. 병원 전 단계에서 기관내삽관을 시행하는 것은 쉽지 않다<sup>(19)</sup>. 또한 병원 전 기관내삽관의 유용성에 대하여 많은 논란이 있는 것도 사실이다<sup>(20)</sup>. 이러한 이유로 기관내삽관을 대체할 수 있는 성문위기도기에 대한 관심이 증가되었고, 여러 종류의 도구들이 개발되어 있으며, 1급응급구조사 국가고시 실기시험 항목으로도 기관내삽관, 후두마스크, 킹후두관기도기 등의 삽관과 백-밸브마스크 환기법이 시행되고 있다.

이 연구는 기관내삽관, 킹후두관기도기, 후두마스크 삽관에 따른 환기와 1인·2인 백-밸브마스크 환기상태에서 폐에 전달되는 일회호흡량과 기도압을 비교한 연구이다. 일회호흡량에서는 기관내삽관을 통한 환기량이 497 mL로 가장 높았고, 2인 백-밸브마스크 479 mL, 1인 백-밸브마스크 386 mL, 킹후두관기도기 365 mL, 후두마스크 351 mL 순으로 후두마스크가 가장 낮았다. 기도확보에 있어서 가장 확실한 것은 기도내 튜브를 삽입하는 방법으로 기관내삽관은 병원 내에서 가장 많이 사용되는 기도유지방법이지만<sup>(21,22)</sup>, 병원 전 심정지 환자에서 기관내삽관을 시행하는 것은 쉬운 일이 아니다. 충분한 경험이 있고, 항상 준비가 되어 있어야 가능한 일이다보니 실제 병원 전 환경에서는 많이 시행되고 있지 않다<sup>(23,24)</sup>. 때문에 비교적 삽관이 용이한 성문위기구들이 병원 전 환경에 권장되고 있다. 그러나 성문위기구들은 삽관이 용이한 반면, 움직이는 현장

에서는 밀착이 어렵고, 위(superior)쪽으로 밀려나올 수 있기 때문에 환기상태가 불량할 수 있으며, 위 내용물의 흡입 방지가 어렵다. 이 연구에서 기관내삽관과 성문위기구들의 일회호흡량을 비교하였을 때 기관내삽관이 497 mL를 보인 반면, 킹후두관기도기와 후두마스크는 각각 365 mL와 351 mL를 보여 기관내삽관 환기에 비해 131~146 mL 환기량의 차이를 보였다. 고정된 침대에서 진행된 실험임에도 불구하고 131~146 mL의 비교적 높은 차이를 보였다. 이송 중 구급차 내에서는 성문위기구의 밀착이 고정된 침대보다 더 어렵기 때문에 성문위기구를 삽관한 환자에서 백-밸브마스크를 이용하여 환기를 할 경우에는 1/3 백 압착법보다 더 많은 백 압착이 필요할 것으로 사료된다.

백-밸브마스크 환기 시 지나친 용량은 위장으로 공기유입을 발생시켜 역류성 및 흡입성 합병증이 발생하기 때문에 기도압은 20~25 cm H<sub>2</sub>O를 초과해서는 안되지만<sup>(25-27)</sup> 너무 부족한 용량은 심정지 환자의 예후와 생존율에 중요한 영향을 미치기 때문에 적절한 환기가 중요하다. 이 연구의 1인·2인 백-밸브마스크 환기에서 1인 백-밸브마스크 환기에서는 386 mL를 보인 반면, 2인 백-밸브마스크 환기에서 479 mL를 보여 평균 93 mL 정도의 차이를 확인할 수 있었다. 1인 백-밸브마스크환기는 조 등의<sup>(28)</sup> 1인 백-밸브마스크를 이용한 1/3 압착에서 나타난 320~326 mL의 환기량보다는 높게 나타났고, 조 등<sup>(29)</sup>의 백-밸브마스크를 이용한 1인 환기에서는 421 mL, 이 등<sup>(30)</sup>의 ResMed mask 압착에서 452 mL를 보여 이 연구의 1인 백-밸브마스크 환기보다는 높았지만 표준마스크 환기에서 확인된 394 mL와 비슷한 결과를 나타내었다. ResMed mask는 끈에 의해 마스크의 밀착이 용이하므로 이 연구의 2인 백-밸브마스크환기량 479 mL와 비슷한 결과를 보였다. 호흡보조에 있어서 없어서는 안 될 필수적인 장비임에도 불구하고 백-밸브마스크환기는 혼자서는 시행이 어렵다. 환자에게 전달되는 성공적인 일회호흡량은 적절한 마스크 밀착, 열려 있는 기도, 적절한 환기, 기도의 저항, 폐 탄성 등에 의하여 변할 수 있다<sup>(25,29)</sup>. 따라서 전문기도삽관을 하지 않은 상태에서 백-밸브마스크 환기 시에는 보조요원을 활용한 2인 백-밸브마스크 환기가 시행될 수 있도록 심정지 환자 구급출동 시에는 탄력적인 인력 운영을 통한 효과적으로 호흡량이 제공되어야 한다.

백-밸브마스크 환기 시 기도압력으로는 기관내삽관 11.64 cm H<sub>2</sub>O, 킹후두관기도기 8.39 cm H<sub>2</sub>O, 후두마스크 7.86 cm H<sub>2</sub>O, 1인 백-밸브마스크 8.71 cm H<sub>2</sub>O, 2인 백-밸브마스크 11.39 cm H<sub>2</sub>O로 측정되었다. 기도압은 20~25 cm H<sub>2</sub>O를 초과할 경우 폐 손상을 가능성과 역류성 및 흡입성 합병증을 고려한다면 기관내삽관과 2인 백-밸브마스크 환기에서는 1/3 백 압착법으로 적절한 환기가 제공되는 것으로 보였고, 킹후두관기도기, 후두마스크, 1인 백-밸브마스크 환기에서 1/3 백 압착법은 부족한 평균 일회호흡량을 보였다. 국민건강보험공단 2007년 통계 18세 이상 성인의 평

균 몸무게 62.55 kg를 고려한다면<sup>(31)</sup> 일회호흡량(6~7/kg) 환기를 위한 1/3 백 압착법은 적절한 폐 환기를 제공하는 것으로 사료된다. 다만 성문위기구나 1인 백-밸브마스크 환기에서는 1/3 백 압착법으로 환기 시에는 백 압착을 좀 더 많이 할 필요가 있으며, 2인 백-밸브마스크 환기가 시행될 수 있도록 심정지 및 호흡곤란 환자 구급출동 시에는 3인 이상 출동이 필요하다고 볼 수 있다.

이 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째로 실제 환자를 대상으로 진행된 연구가 아닌 실험폐를 이용한 연구이었던 관계로 기도저항, 해부학적 차이 등을 고려하지 못하였다. 둘째는 피실험자의 인구학적인 부분을 일반화하지 못한 상태에서 1/3 백 압착법을 하였다. 셋째 기관내삽관과 성문위기구 그리고, 1인 · 2인 백-밸브마스크환기 사이에는 환기방법의 차이가 존재할 것으로 예상된다. 따라서 기도저항이나 산소를 공급한 상태에서의 연구와 환기방법의 변화 등을 고려한 상태에서 성별과 키 등 그룹별 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## 5. 결 론

전문기도삽관을 하지 않은 상태에서 1인과 2인 백-밸브마스크 환기와 전문기도삽관(기관내삽관, 킹후두관기도기, 후두마스크)을 시행한 후 백-밸브마스크를 이용한 1/3 백 압착법 환기에서 일회호흡량과 기도압의 분석 결과 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, 기관내삽관, 2인 백-밸브마스크, 1인 백-밸브마스크, 킹후두관기도기, 후두마스크 순으로 일회호흡량과 기도압의 차이를 보였다. 둘째, 기관내삽관, 2인 백-밸브마스크 환기에서 각각 497 mL와 479 mL를 보였다. 셋째, 1인 백-밸브마스크, 킹후두관기도기, 후두마스크 환기에서 각각 386 mL, 365 mL, 351 mL를 보여 일회호흡량에 미치지 못하는 환기량을 보였다. 넷째, 기도압에서는 기관내삽관(11.64 cm H<sub>2</sub>O), 2인 백-밸브마스크(11.39 cm H<sub>2</sub>O), 1인 백-밸브마스크(8.71 cm H<sub>2</sub>O), 킹후두관기도기(8.39 cm H<sub>2</sub>O), 후두마스크(7.86 cm H<sub>2</sub>O) 순으로 기도압의 차이를 보였다.

이상의 관찰 결과로 심정지 상태에서의 효율적인 환기를 위해서는 기관내삽관을 통한 1/3 백 압착법 환기와 2인 백-밸브마스크를 통한 1/3 백 압착법 환기가 필요하며, 성문위기구(킹후두관기도기, 후두마스크)를 통한 1/3 백 압착법 환기와 1인 백-밸브마스크를 통한 1/3 백 압착법 환기 시에는 보다 더 많은 압착이 필요할 것으로 판단된다.

## References

1. T. P. Aufderheide, G. Sigurdsson, R. G. Pirrallo, D. Yanopoulos, S. McKnite, C. von Briesen, C. W. Sparks, C. J. Conrad, et al., "Hyperventilation Induced Hypotension During Cardiopulmonary Resuscitation", *Circulation*, Vol. 109, No. 16, pp. 1960-1965 (2004).
2. AHA guidelines for CPR, AHA (2010).
3. M. P. Larsen, M. S. Eisenberg, R. O. Cummins and A. P. Hallstrom, "Predicting Survival from Out-of-hospital Cardiac Arrest: A Graphic Model", *Ann. Emerg. Med.*, Vol. 22, No. 11, pp. 1652-1658 (1993).
4. T. D. Valenzuela, D. J. Roe, S. Cretin, D. W. Spaite and M. P. Larsen, "Estimating Effectiveness of Cardiac Arrest Interventions: A Logistic Regression Survival Model", *Circulation*, Vol. 96, No. 10, pp. 3308-3313 (1997).
5. M. Holmberg, S. Holmberg and J. Herlitz, "Factors Modifying the Effect of Bystander Cardiopulmonary Resuscitation on Survival in Out-of-hospital Cardiac Arrest Patients in Sweden", *Eur/Heart J.*, Vol. 22, No. 6, pp. 511-519 (2001).
6. M. Holmberg, S. Holmberg, J. Herlitz and B. Gardelov, "Survival after Cardiac Arrest Outside Hospital in Sweden", *Resuscitation*, Vol. 36, No. 1, pp. 29-36 (1998).
7. J. F. O'Neill and C. D. Deakin, "Do We Hyperventilate Cardiac Arrest Patients?", *Resuscitation*, Vol. 73, No. 1, pp. 82-85 (2007).
8. A. D. McInnes, R. M. Sutton, A. Orioles, A. Nishisaki, D. Niles, B. S. Abella, M. R. Maltese, R. A. Berg and V. Nadkarni, "The First Quantitative Report of Ventilation Rate During In-hospital Resuscitation of Older Children and Adolescents", *Resuscitation*, Vol. 82, No. 8, pp. 1025-1029 (2011).
9. G. J. Suh, "Endotracheal Intubation in Emergency Department", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 9, No. 4, pp. 560-570 (1998).
10. B. C. Kim, B. S. Kang, H. G. Song, J. H. Lee, J. H. Song and Y. K. Jeoung, "Endotracheal Intubation in the Emergency Department of a Tertiary Care Center", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 10, No. 4, pp. 579-586 (1999).
11. Irvin Charlene Babcock : "Cardiopulmonary Cerebral Resuscitation 3rd ed", *Journal of Emergency Medicine*, Vol. 7 No. 4, pp. 422-423 (1988).
12. S. M. Ayres, A. Grenvik, P. R. Holbrook and W. C. Shoemaker, "Textbook of Critical Care: Shoemaker WC, Holbrook PR: Resuscitation. 3rd ed.", Philadelphia, WB Saunders, pp. 16-38 (1995).
13. W. H. Montgomery, "The 1985 Conference on Standards and Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiac Care", *JAMA*, Vol. 255, No. 21, pp. 2990-2991 (1986).
14. R. W. Neumar, C. W. Otto, M. S. Link, S. L. Kronick, M. Shuster, C. W. Callaway, P. J. Kudenchuk, J. P. Ornato, et al., "Part 8: Adult Advanced Cardiovascular Life Support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care", *Circulation*, Vol. 122, No. 18, pp.

- 729-767 (2010).
15. L. J. Morrison, C. D. Deakin, P. T. Morley, C. W. Callaway, R. E. Kerber and S. L. Kronick, "Part 8: Advanced Life Support: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations", *Circulation*, Vol. 122, No. 16, pp. 345-421 (2010).
  16. T. P. Aufderheide and K. G. Lurie, "Death by Hyperventilation: A Common and Life-threatening Problem During Cardiopulmonary Resuscitation", *Crit. Care Med.*, Vol. 32, No. 9, pp. 345-351 (2004).
  17. J. F. O'Neill and C. D. Deakin, "Do We Hyperventilate Cardiac Arrest Patients?", *Resuscitation*, Vol. 73, No.1, pp. 82-85 (2007).
  18. B. S. Abella, J. P. Alvarado, H. Myklebust, D. P. Edelson, A. Barry, N. O'Hearn, T. L. Vanden Hoek and L. B. Becker, "Quality of Cardiopulmonary Resuscitation During In-hospital Cardiac Arrest", *JAMA*, Vol. 293, No. 3, pp. 305-310 (2005).
  19. Denver Metro Airway Study Group, "A Prospective Multicenter Evaluation of Prehospital Airway Management Performance in a Large Metropolitan Region", *Prehosp. Emerg. Care*, Vol. 13, No. 3, pp. 304-310 (2009).
  20. J. Strote, R. Roth, D. C. Cone and H. E. Wang, "Prehospital Endotracheal Intubation: the Controversy Continues (Conference Proceedings)", *Am. J. Emerg. Med.*, Vol. 27, No. 9, pp. 1142-1147 (2009).
  21. B. C. Kim, B. S. Kang, H. G. Song, J. H. Lee, K. J. Song and Y. K. Jeong, "Endotracheal Intubation in the Emergency Department of an Tertiary Care Center", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 10, No. 4, pp. 579-586 (1999).
  22. Y. J. Tak, S. J. Kim and S. T. Kim, "A Comparison-study of the Effects of Conventional and Video Laryngoscopic Intubation on Heart Rate and Blood Pressure", *Korean J Anesthesiol*, Vol. 54, No. 5, pp. 513-518 (2008).
  23. K. J. Song and D. J. Oh, "Current Status of CPR in Korea", *The Korean Journal of Medicine*, Vol. 73, No. 1, pp. 4-10 (2007).
  24. Y. Kim, G. Y. Jeong, G. H. Cho and H. Kim, "Establishment of Basic Plan for Emergency Medical Care and the Evaluation of the Operating System on Emergency Medical Care", *Korea Health Industry Development Institute* (2005).
  25. M. W. Ron and F. M. Michael, "Manual of Emergency Airway Management", 3rd ed., Koonja, Korea, pp. 108-109 (2013).
  26. V. Wenael, A. H. Idris, J. M. Banner, P. S. Kubilis and J. L. Williams Jr., "Influence of Tidal Volume on the Distribution of Gas between the Lungs and Stomach in the Nonintubated Patient Receiving Positive Pressure Ventilation", *Crit Care Med*, Vol. 26, No. 2, pp. 364-368 (1998).
  27. A von Goedecke, K. Bowden, V. Wenzel, C. Keller and A. Gabrielli, "Effects of Decreasing Inspiratory Times During Simulated Bag-valve-mask Ventilation", *Resuscitation*, Vol. 64, No. 3, pp. 321-325 (2005).
  28. S. M. Jo and H. K. Jung, "Differentiation of Tidal Volume & Mean Airway Pressure with Different Bag-Valve-Mask Compression Depth and Compression Rate", *Korean Journal of Emergency Medical Services*, Vol. 16, No. 2, pp. 67-74 (2012).
  29. Y. C. Cho, S. W. Cho, S. P. Chung, K. Yu, O. Y. Kwon and S. W. Kim, "HOW Can a Single Rescuer Adequately Deliver Tidal Volume with a Manual Resuscitator? An Improved Device for Delivering Regular Tidal Volume", *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*, Vol. 28, No. 1, pp. 40-43 (2010).
  30. H. Y. Lee, K. W. Jeung, B. K. Lee, S. J. Lee, Y. H. Jung, G. S. Lee, Y. I. Min and T. Heo, "The Performances of Standard and ResMed Masks During Bag-valve-mask Ventilation", *Prehosp. Emerg. Care*, Vol. 17, No. 2, pp. 235-240 (2013).
  31. Statistics Korea, <http://www.kostat.go.kr/>.